



Pengaruh Perbandingan Waktu Delignifikasi Dan Konsentrasi NaOH Dalam Pembuatan Gula Reduksi Dari Kulit Kopi Arabika (*coffea Arabica*)

Masrullita*, Suryati, Tiara Rozah, Ferri Safriwardy**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: HP: 081320936938, e-mail: masrullita@unimal.ac.id

Abstrak

Kopi adalah salah satu tanaman yang menghasilkan produk samping dalam proses pengolahannya yakni kulit kopi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh waktu delignifikasi dan konsentrasi NaOH pada hasil gula reduksi. Penelitian ini sudah banyak dilakukan sebelumnya menggunakan pelarut etanol dan asam kuat, yang belum dilakukan adalah menggunakan pelarut basa kuat. Penelitian ini menggunakan pelarut NaOH untuk mendegradasi lignin yang terdapat pada bahan baku. Pada proses pretreatment fisika kulit kopi dibersihkan lalu dimasukkan kedalam oven selama 24 jam, tujuannya untuk menghilangkan kadar air, kemudian dihaluskan menggunakan blender agar diperoleh hasil berbentuk serbuk. Proses delignifikasi menggunakan metode organosolv dengan variasi konsentrasi NaOH 1%, 3%, 5% dan 7% dengan variasi waktu delignifikasi 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Proses hidrolisis menggunakan katalis H_2SO_4 1% pada suhu $100^\circ C$ selama 4 jam, kemudian diuji yield, densitas dan kadar gula reduksi menggunakan metode luff schrool untuk mengetahui berapa banyak kadar gula reduksi pada kulit kopi arabika. Kadar gula reduksi tertinggi terdapat pada konsentrasi NaOH 7% dan waktu delignifikasi 120 menit sebesar 68,28%. Yield tertinggi terdapat pada konsentrasi NaOH 7% dan waktu delignifikasi 120 menit sebesar 60,98%. Densitas tertinggi terdapat pada konsentrasi NaOH 7% dan waktu delignifikasi 120 menit sebesar $0,985 \text{ g/cm}^3$. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar konsentrasi NaOH dan lama waktu delignifikasi maka kadar gula reduksi yang dihasilkan akan semakin banyak.

Kata Kunci: Delignifikasi, Densitas, Organosolv, Luff Schrool, Kadar Gula Reduksi dan yield.

DOI : <http://dx.doi.org/10.29103/jtku.v12i1.11640>

1. Pendahuluan

Selama ini limbah kulit kopi arabika ditumpuk buang untuk selanjutnya dibakar atau dijadikan pupuk kompos, padahal kulit kopi dapat diolah menjadi

produk lain yang dapat berguna kembali misalnya seperti gula cair, gula reduksi. Karena kulit kopi memiliki beberapa kandungan senyawa kimia yang dapat tergedasi menjadi glukosa. Adapun kandungan kulit kopi yaitu selulosa, lignin protein kasar, serat kasar, hemiselulosa, gula reduksi, gula non reduksi dan pektin. Selulosa merupakan senyawa organik dengan rumus ($C_6H_{10}O_5$) yang merupakan senyawa polimer yang paling melimpah di kulit kopi arabika. Lignin tersusun bersama selulosa dan hemiselulosa membentuk suatu sistem yang dikenal dengan istilah lignoselulosa (Deli, 2017). Kopi arabika adalah salah satu komoditas utama ekspor Indonesia. Kopi arabika memiliki kandungan kafein tidak lebih dari 1,5 persen serta memiliki jumlah kromosom sebanyak 44 kromosom. Dari segi harga jual diperdagangan, umumnya arabika adalah biji kopi yang lebih tinggi dari biji kopi lainnya, mengingat juga kesulitan produksinya (E.S.E, 2018)

Delignifikasi adalah suatu proses pendahuluan penghilangan lignin pada material berlignoselulosa. Batang kayu adalah salah satu biomassa lignoselulosa yang potensial sebagai sumber bahan baku etanol karena memiliki kadar selulosa yang tinggi dan kadar lignin yang cukup rendah. Delignifikasi merupakan salah satu perlakuan yang berpengaruh terhadap biokonversi biomassa berlignoselulosa menjadi etanol, karena delignifikasi berpengaruh terhadap proses hidrolisis dan fermentasi (Agustini & Efiyanti, 2015).

Delignifikasi atau pengurangan lignin dapat dilakukan secara kimia, yaitu menggunakan asam atau basa. Delignifikasi bertujuan untuk mengubah atau merusak struktur dari komponen penyusun pada biomassa sehingga memudahkan enzim untuk menghidrolisis menjadi monomer-monomer gula (Hargono, Nurcahyaningih, & Candra, 2021).

Dibalik potensinya kulit kopi memiliki batasan jika digunakan langsung sebagai pakan ternak. Kulit kopi memiliki tekstur yang cenderung basah, sehingga dapat mudah rusak jika disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama. Selain itu kulit kopi memiliki kandungan serat kasar yang masih tinggi, dan adanya kandungan anti nutrisi seperti, lignin, kafein, dan tannin. (Septian, Arzaq, & Suhendra, 2022).

Delignifikasi merupakan pretreatment dalam pengolahan bioetanol untuk memisahkan lignin dan selulosa pada bahan yang mengandung lignoselulosa seperti TKKS. Pada proses delignifikasi, sebagian lignin akan terlarut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan lignoselulosa pada TKKS menggunakan metode kalor bertekanan dan konsentrasi NaOH (Hartari, Delvitasari, Saron, & Undadraj, 2021).

Lignin memegang kunci untuk memaksimalkan ekstraksi nilai dari biomassa lignoselulosa. Hal ini saat ini terhambat oleh penerapan metode fraksinasi yang secara signifikan mengubah struktur lignin untuk memberikan bahan yang sangat bandel. Untuk alasan ini, akan sangat bermanfaat untuk menggunakan kondisi fraksinasi yang tidak terlalu parah yang memungkinkan ekstraksi lignin yang efisien dengan retensi kandungan -aril eter (β -O-4). Di sini, kami menyajikan studi rinci tentang fraksinasi organosolv berbasis alkohol ringan dengan tujuan memahami bagaimana mencapai keseimbangan antara efisiensi ekstraksi lignin dan struktur polimer lignin yang dihasilkan, menggunakan cangkang kenari sebagai model biomassa (Zijlstra et al., 2020)

Untuk penghilangan lignin selektif dari biomassa lignoselulosa utuh sejauh ini yang paling umum adalah proses organosolv, umumnya didefinisikan sebagai proses yang menggunakan pelarut organik, paling umum dengan ko-katalis asam dan air. Strategi pra-perlakuan ini sering kali membebaskan sejumlah besar lignin dari biomassa. Mengingat persyaratan khas untuk keasaman, ikatan eter dan ester dapat dibelah dan melalui mekanisme yang cukup dipahami dengan baik, reaksi kondensasi terjadi tergantung pada kondisi fraksinasi (pH, waktu tinggal, pelarut) (Abu-Omar et al., 2021)

2. Bahan dan Metode

Bahan baku pada penelitian berupa kulit kopi arabika. Bahan lain adalah aquades, asam sitrat dan larutan luff shcrool (Na_2CO_3 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 4 N, KI 20%, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N, Amilum, HCl 0,5 N, HCl 3%, NaOH 30%, CH_3COOH 3%). Peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *crusher*, neraca analitik, gelas ukur, tabung reaksi, erlenmeyer, beaker gelas, seperangkat alat refluks, pipet ukur, pipet tetes, labu leher 3 dan *hot plate*.

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu persiapan kulit kopi arabika (termasuk pencucian bahan baku, pengeringan dan *crusher*), proses delignifikasi menggunakan pelarut NaOH, dan proses hidrolisis menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4 1%) dengan proses delignifikasi secara *organosolv* serta uji kadar gula reduksi, *yield* dan densitas. Variasi percobaan dilakukan terhadap konsentrasi dan waktu delignifikasi pada temperature operasi $60^\circ C$. (Alves-Ferreira et al., 2021) Proses delignifikasi dilakukan dengan metode *organosolv* melalui teknik proses pemisahan serat menggunakan pelarut bahan kimia. Kulit kopi mengandung lignin sebesar 8,67% dan selulosa sebesar 41,26%. Selain pemulihan lignin untuk diubah menjadi produk yang berharga, perawatan ini juga dapat menghasilkan padatan kaya selulosa dengan tingkat hidrolisis enzimatik yang ditingkatkan dan hasil karena perubahan yang disebabkan dalam sifat fisik kimia dari padatan yang diolah sebelumnya. Ini termasuk peningkatan porositas, dan luas permukaan substrat, dan penurunan ketebalan dinding sel, kristalinitas selulosa, dan derajat polimerisasi, serta sebagai penurunan kandungan lignin dan hemiselulosa.

Kulit kopi sebanyak 50 gram ditambahkan larutan asam sitrat 12 gr dengan konsentrasi NaOH 1%, 3%, 5% dan 7% .sebanyak 200 ml, dimasukkan kedalam labu leher tiga dengan suhu $50^\circ C$ dengan putaran 300 rpm selama 30, 60, 90 dan 120 menit, didinginkan, setelah itu disaring menggunakan kertas saring dan residu dinetralkan dengan 800 ml aquades, dikeringkan dalam oven selama $105^\circ C$. Setelah itu sampel hasil delignifikasi tadi dimasukkan kedalam labu leher tiga bersama dengan katalis asam sulfat 1% sebanyak 15 ml untuk dihidrolisis selama 4 jam.

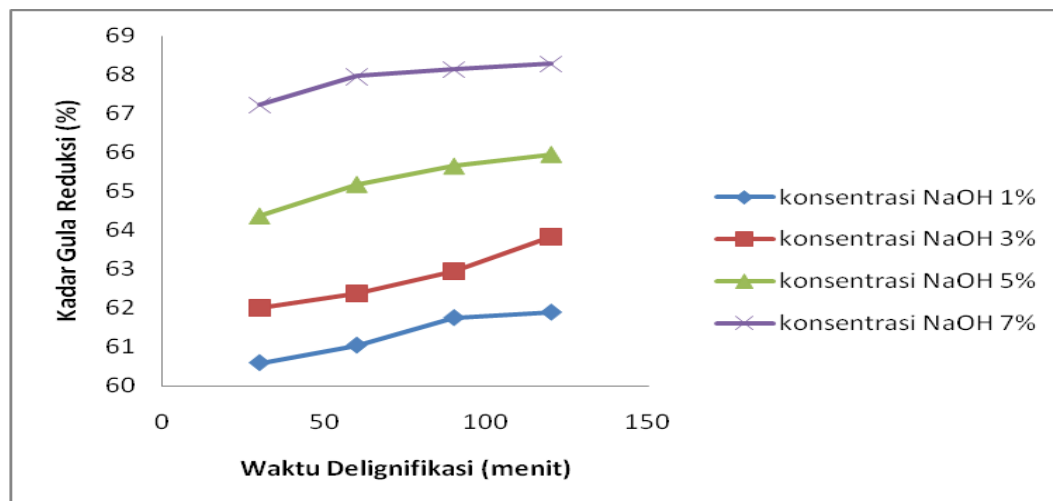
Untuk mendapatkan kadar gula reduksi dilakukan dengan uji *luff-Schrool*, disamping uji *luff-Schrool*, gula reduksi juga diuji *yield* dan densitasnya. Percobaan *luff-Schrool* ini dilakukan dengan dengan ditimbang lebih kurang 5 g cuplikan ke dalam enlemeyer 500 ml lalu ditambahkan 200 ml larutan HCl 3%, dididihkan selama 3 jam dengan pendingin tegak kemudian didinginkan. Setelahdingin, dinetralkan dengan larutan NaOH 30% dan dimasukkan kertas lakmus, ditambahkan sedikit CH_3COOH 3% agar larutanmenjadi asam.

Dipindahkan isinya ke dalam labu ukur 500 ml dan diimpitkan hingga tanda garis, kemudian disaring. Diambil 10 ml menggunakan pipet volume dimasukkan ke dalam erlemeyer 500 ml, ditambahkan 25 ml larutan *luff-Schrool* (dengan pipet) dan beberapa butir batu didih serta 15 ml air suling. Dipanaskan campuran tersebut dengan nyala yang tetap. Usahakan agar larutan dapat mendidih dalam waktu 3 menit dengan menggunakan *stopwatch*, didihkan terus selama tepat 10 menit kemudian dengan cepat dinginkan ke dalam bak berisi es. Ditambahkan larutan KI 30% 15 ml setelah mendidih dan ditambahkan juga H_2SO_4 4N dengan hati-hati sebanyak 25 ml. Dititrasi dengan larutan natrium tio sulfat 0,1 N dengan menggunakan indikator Amilum 1%, dikerjakan juga blanko.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengaruh Konsentrasi NaOH Dan Waktu Delignifikasi Terhadap Kadar Gula Reduksi (%)

Adapun pengaruh konsentrasi NaOH dan waktu delignifikasi terhadap kadar gula reduksi (%) dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Konsentrasi NaOH Dan Waktu Delignifikasi Terhadap Kadar Gula Reduksi (%)

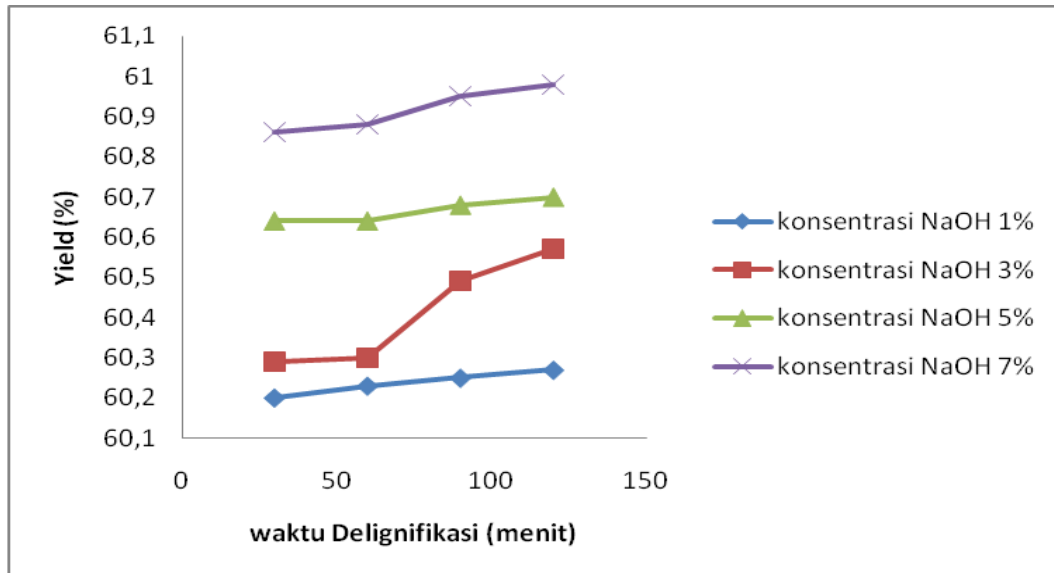
Pada gambar 3.1 Menunjukkan bahwa kadar gula reduksi paling rendah dihasilkan pada konsentrasi 1% dengan waktu 30 menit dengan persentase kadar gula reduksi total sebesar 60,59%, sedangkan kadar penyerapan gula reduksi tertinggi sebesar 68,28% pada konsentrasi 7% dengan waktu 120 menit. Dari hasil

penelitian yang didapat, semakin rendah konsentrasi pelarut dan waktu delignifikasi maka kadar gula reduksi yang dihasilkan semakin kecil. Semakin tinggi konsentrasi pelarut dan waktu delignifikasi semakin banyak gula reduksi pada kulit kopi arabica. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi dan waktu delignifikasi maka lignin yang tergedasi semakin banyak, hal ini membuat selulosa berubah menjadi gula reduksi. Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Ketersediaannya yang cukup melimpah, terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan, menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis (Yusuf, Saputra, Fahmi, & Widjaja, 2022)

Hal ini juga diperkuat oleh penelitian (Suryati, Sylvia, & Fonna, 2021) Proses pre-treatment pada delignifikasi dapat meningkatkan hasil gula yang diperoleh. Semakin lama waktu delignifikasi dan konsentrasi yang semakin besar maka lignin yang tergedasi akan semakin banyak sehingga selulosa dapat berubah menjadi gula reduksi dengan jumlah yang lebih banyak.

3.2 Pengaruh Konsentrasi dan Waktu delignifikasi Terhadap Yield (%)

Adapun pengaruh tinggi unggun dan waktu kontak terhadap yield (%) dapat dilihat pada gambar 3.2

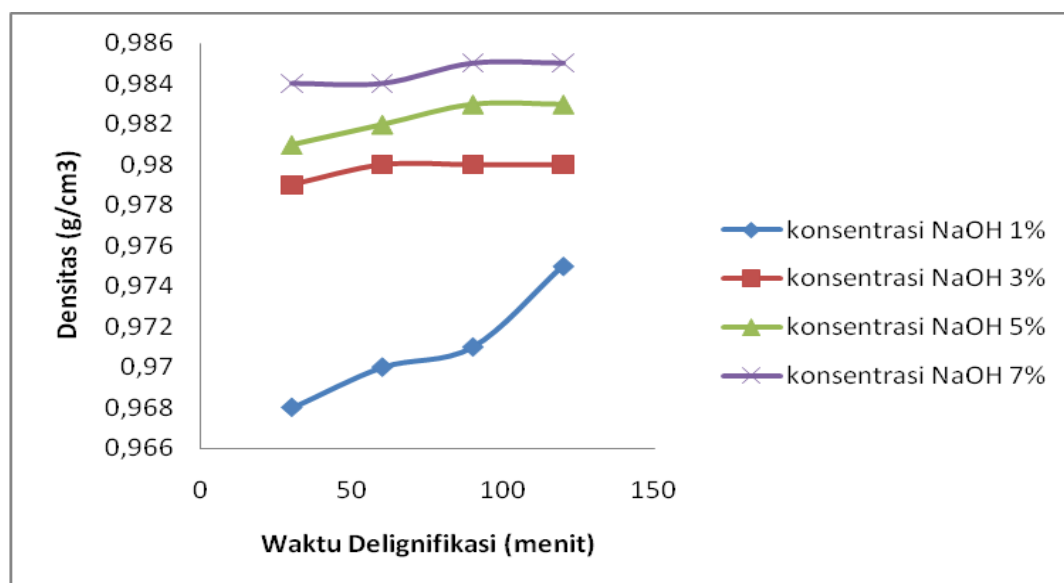


Gambar 3.2 Grafik Hubungan Konsentrasi NaOH Dan Waktu Terhadap Yield(%)

Gambar 3.2 Menunjukkan bahwa kadar *yield* paling rendah dihasilkan pada waktu 30 menit dan konsentrasi 1%. Dengan persentase kadar *yield* total sebesar 60,20%, sedangkan kadar *yield* tertinggi sebesar 60,98% pada konsentrasi 7% dengan waktu 120 menit. Dari hasil penelitian yang didapat, semakin rendah konsentrasi dan waktu hidrolisis maka kadar *yield* yang dihasilkan juga semakin kecil. Semakin tinggi konsentrasi dan waktu hidrolisis semakin banyak *yield* pada kulit kopi Arabica. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Suryati, Meriatna, Masrullita, Safriwardy, & Ardiansyah, 2021) yang menggunakan metode RSM didapat semakin rendah suhu dan waktu hidrolisis tinggi maka kadar *Yield* yang dihasilkan juga semakin besar. Semakin rendah suhu dan waktu hidrolisis semakin banyak *yield* pada kulit kopi Arabica, begitu juga sebaliknya. Hal ini terjadi karena semakin rendah suhu dan waktu dalam hidrolisis maka produk/bahan baku yang dihasilkan akan semakin banyak.

3.3 Pengaruh konsentrasi dan Waktu delignifikasi Terhadap Densitas (g/cm^3)

Adapun pengaruh tinggi unggun dan waktu kontak terhadap densitas (g/cm^3) dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Konsentrasi NaOH Dan Waktu Terhadap Densitas (g/cm^3)

Gambar 3.3 Menunjukkan bahwa kadar densitas mengalami kenaikan dan penurunan, Hal ini terjadi karena tidak adanya hubungan antara konsentrasi, suhu dan waktu pada densitas. Dari grafik diatas densitas yang didapat adalah $0,985 \text{ g/cm}^3$

Massa jenis atau densitas atau rapatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air).

3.4 Standar Nasional Indonesia Untuk Gula

Standar Nasional Indonesia (disingkat SNI) memang adalah satu-satunya standar yang berlaku secara nasional di Indonesia. SNI dirumuskan oleh Panitia Teknis dan ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Salah satu jenis SNI yang dibahas disini adalah SNI Gula Cair, dimana kadar gula reduksi yang dihitung D-Glukosa yang dibolehkan adalah tidak melebihi dari 30%. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwa kadar gula reduksi tertinggi dihasilkan oleh konsentrasi 7% dengan waktu 120 menit sebanyak 68,28%. Berdasarkan data banyaknya kadar maksimum gula reduksi yang dihitung mulai dari D-Glukosa adalah maksimum 30% gula reduksi dari kulit kopi arabika ini sesuai dengan standar gula cair yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan kondisi operasi pengolahan gula reduksi ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka kadar gula yang dihasilkan akan semakin banyak, hal ini terjadi karena proses *pre-treatment* pada delignifikasi dapat meningkatkan hasil gula yang diperoleh. Kadar gula reduksi tertinggi terdapat pada konsentrasi 7% dan waktu delignifikasi 120 menit sebesar 68,28%. Yield tertinggi terdapat pada konsentrasi 7% dan waktu delignifikasi 120 menit sebesar 60,98%. Densitas tertinggi terdapat pada konsentrasi 7% dan waktu delignifikasi 120 menit sebesar $0,985 \text{ g/cm}^3$.

Untuk mengonsumsi gula reduksi ini diperlukan adanya penghilangan katalis asam sulfat 1%. Penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan memvariasikan suhu dan waktu delignifikasi, memvariasikan suhu, waktu dan konsentrasi proses hidrolisis.

5. Daftar Pustaka

1. Abu-Omar, M. M., Barta, K., Beckham, G. T., Luterbacher, J. S., Ralph, J., Rinaldi, R., ... Wang, F. (2021). Guidelines for performing lignin-first biorefining. *Energy and Environmental Science*, 14(1), 262–292. <https://doi.org/10.1039/D0EE02870C>
2. Afriza, R., & Nilda, I. (2019). Analisis Perbedaan Kadar Gula Pereduksi Dengan Metode Lane Eynon Dan Luff Schoorl Pada Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*). *Jurnal Temapela*, 2(2), 90–96. <https://doi.org/10.25077/temapela.2.2.90-96.2019>
3. Agustini, L., & Efiyanti, L. (2015). Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa Dan Produksi Etanol Dari Limbah Berlignoselulosa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 69–80. <https://doi.org/10.20886/jphh.v33i1.640.69-80>
4. Alves-Ferreira, J., Lourenço, A., Morgado, F., Duarte, L. C., Roseiro, L. B., Fernandes, M. C., ... Carvalheiro, F. (2021). Delignification of cistus ladanifer biomass by organosolv and alkali processes. *Energies*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/en14041127>
5. Deli, N. A. (2017). Delignification of Nonproductive Palm Trunk by Organosolv Process with Formic Acid. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 113–118. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2017.006.03.1>
6. Dewi, I. A., Ihwah, A., Setyawan, H. Y., Kurniasari, A. A. N., & Ulfah, A. (2019). Optimasi Proses Delignifikasi Pelepah Pisang Untuk Bahan Baku Pembuatan Kertas Seni. *Sebatik*, 23 (2), 447–454. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v23i2.797>
7. E.S.E. (2018). Coffee Pod Technology. E.S.E, 1–52. E-BOOK
8. Edahwati, L., Suci, D., & Siswati, D. (2014). Penurunan Lignin Kulit Buah Kopi dengan Metode Organosolve Reduction of Lignin from Coffee Husk using Organosolve Method. *XI(02)*, 7–10. <https://doi.org/10.31315/e.v11i2.364>.
9. Hargono, H., Nurcahyaningih, I., & Candra, P. D. (2021). Pengaruh Senyawa Delignifikasi Dan Hidrolisis Asam Dengan Penambahan Feso4 Pada Produksi Glukosa Dari Spirodela Polyrhiza. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6(2), 55. <https://doi.org/10.31942/inteka.v6i2.4888>

10. Hartari, W. R., Delvitasari, F., Saron, & Undadraja, B. (2021). Delignification of Oil Palm Empty Bunch with Compressive Heat and Naoh Concentration in Separate Lignosellulose. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1012(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012056>
11. Hidayat, M. R. (2013). Teknologi pretreatment bahan lignoselulosa dalam proses produksi bioetanol. Biopropal Industri, 4(1), 33-48. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
12. Jayus, J., Nafi', A., & Hanifa, A. S. (2019). Degradasi Komponen Selulosa, Hemiselulosa, Dan Pati Tepung Kulit Ubi Kayu Menjadi Gula Reduksi Oleh Aspergillus niger, Trichoderma viride, DAN Acremonium sp. IMI 383068. Jurnal Agroteknologi, 13(01), 34. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v13i01.7868>
13. Maharani, D. M., & Rosyidin, K. (2018). Efek Pretreatment Microwave-NaOH Pada Tepung Gedebog Pisang Kepok terhadap Yield Selulosa. Agritech, 38(2), 133. <https://doi.org/10.22146/agritech.16657>
14. Nurul, H. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol dari Limbah SerabutKelapaSawitHasil54-64 <https://doi.org/10.22146/agritech.16657>
15. Putri, C. F. R., Maslebu, G., & Setiawan, A. (2021). Analisis Densitas Larutan Berbasis Citra Phantom Agar dalam Kendali Mutu USG. Positron, 11(1), 26. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i1.44404>
16. Rahmayanti, A., Yerizam, M., & Dewi, E. (2022). Pemanfaatan Ampas Tebu dan Kulit Jagung sebagai Bahan Baku Pulp dengan Proses Organosolv Program Studi Teknologi Kimia Industri , Jurusan Teknik Kimia , Politeknik Negeri Sriwijaya , Indonesia Utilization of Sugarcane Bagasse and Corn Husk as Raw Material of Pulp with Organosolv. 3(4), 349-354 <https://doi.org/10.52436/1.jpti.196>
17. Septian, M. H., Arzaq, M., & Suhendra, D. (2022). Kualitas fermentasi kulit kopi menggunakan probiotik Heryaki berdasarkan kandungan asam laktat , pH , bahan kering , dan nilai fleight. 4(2), 34-40 <https://doi.org/10.37577/composite.v4i2.442>
18. Suryati, S., Meriatna, M., Masrullita, M., Safriwardy, F., & Ardiansyah, A. (2021). Optimum Temperature and Time for Acid Hydrolysis in Reducing Sugar Manufacturing from Arabica Coffee Cascara with Response Surface Methodology (RSM). International Journal for Educational and Vocational Studies, 3(2), 163. <https://doi.org/10.29103/ijevs.v3i2.4666>

19. Suryati, S., Sylvia, N., & Fonna, yulia moriza. (2021). Pembuatan Gula Reduksi Dari Kulit Kopi Arabika Dengan Proses Organosolv Menggunakan Pelarut Etanol. (Februari). <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.5555>
20. Yusuf, B., Saputra, E., Fahmi, M. F., & Widjaja, T. (2022). Fraksinasi Lignoselulosa dari TKKS dengan Metode Steam Explosion Pretreatment Disertai Penambahan Asam Formiat. 11(2) <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i2.89395>
21. Zijlstra, D. S., Lahive, C. W., Analbers, C. A., Figueirêdo, M. B., Wang, Z., Lancefield, C. S., & Deuss, P. J. (2020). Mild Organosolv Lignin Extraction with Alcohols: The Importance of Benzylic Alkoxylation. ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 8(13), 5119–5131. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b07222>